نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۶۷-۵۷

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 32, No. 1, Spring 2018, p. 57-67

ارائه الگوی مسیریابی ناوگان حمل و نقل بر اساس الگوریتم جهان‌های موازی (مطالعه موردی: بازارهای توزیع گوشت مرغ شهر تهران)

فرشید ریاحی درچه[1*]- امیرحسین چیذری[2]- علیرضا اکبری بیات[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۲

چکیده

با گسترش رقابت در بازار امروز نیاز به کاهش هزینه‌ها در بخش‌های مختلف مانند هزینه حمل و نقل و بهبود ارائه خدمات به خصوص در زمینه کاهش زمان ارائه سرویس‌ها به شدت افزایش یافته و به موضوعی حیاتی بدل گردیده است. در این زمینه مسائل مسیریابی می‌تواند با کاهش طول مسیر و همچنین بهره بردن از حداکثر ظرفیت وسایل نقلیه کمک شایانی نماید. این مقاله سعی در ارائه الگوریتمی جهت یافتن جواب‌های مناسب برای مسئله مسیریابی وسائل نقلیه ناهمگن با چندین انبار و محدودیت در تعداد مشتریان سرویس داده شده توسط هر حمل کننده، دارد. در همین راستا پس از فرموله کردن مسئله مذکور، اقدام به حل این مسئله از دو روش الگوریتم های فرا اکتشافی (الگوریتم جهان‌های موازی) و الگوریتم‌های قطعی شد. در نهایت زمان اجرا و همچنین نتایج حاصل از این دو روش مورد مقایسه قرار گرفت. برای آزمون کارایی دو الگوریتم ارائه شده از داده‌های واقعی که مربوط به توزیع گوشت مرغ در بازارهای روز شهر تهران بود، استفاده شد. نتایج نشان داد جواب بهینه الگوریتم فراابتکاری پیشنهادی به جواب بهینه الگوریتم قطعی بسیار نزدیک بوده و قابلیت اجرایی دارد؛ بطوری‌که هزینه روزانه مسأله مسیریابی مورد نظر به ترتیب در دو الگوریتم فرا اکتشافی و قطعی ۴۲۳۵۱/۱ و ۴۰۲۳۱/۶ بوده است و تنها ۵/۲۶ درصد اختلاف در نتایج وجود دارد. علاوه بر این با مقایسه نتایج حاصل از شرایط موجود و الگوی بهینه حمل‌ونقل می‌توان دریافت که هزینه‌های حمل‌ونقل در شرایط موجود نسبت به دو الگوریتم مسیریابی قطعی و جهان‌های موازی، به ترتیب ۲/۳ و ۲/۱۴ برابر است. در این راستا استفاده از نتایج اینگونه تحقیقات در عمل می‌تواند باعث بهبود محیط زیست و همچنین کاهش قابل توجهی در هزینه های حمل‌ونقل گردد.

واژه‌های کلیدی: تهران، جهان‌های موازی، گوشت مرغ، مسیریابی

مقدمه

حمل و نقل از دیرباز جایگاه ویژه‌ای را در اقتصاد ایران به خود اختصاص داده است و هم‌اکنون نیز در سیستم‌های اقتصادی، تولیدی و خدماتی کشور از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. بر اساس آمار بانک مرکزی ایران ۱۳/۶ درصد از درآمد ملی کشور مربوط به بخش حمل و نقل و انبارداری بوده و از این میزان حدود ۹ درصد آن مربوط به بخش حمل‌ونقل است. همچنین طی یک دهه گذشته بخش حمل‌ونقل با متوسط رشد ۱۴/۵ درصدی، یکی از مهمترین مؤلفه‌های رشد اقتصادی بوده است (۱). اما از دیرباز مسائلی همچون عدم استفاده از تمام ظرفیت‌های ناوگان حمل ونقل و ناآگاهی در مورد مسیرهای بهینه توزیع موجب شده است که هزینه‌های سربار حمل و نقل بخش بزرگی از سود شرکت های فعال در بخش توزیع و همچنین تولید کنندگان را کاهش دهد (۲ و ۳). از این‌رو محققان همواره در پی یافتن راه‌حل‌هایی به منظور بهبود مسیرهای حمل و نقل و حذف این هزینه‌های اضافی بوده‌اند.

بر اساس تحقیقات صورت پذیرفته به طور متوسط ۲۰ درصد قیمت تمام شده محصولات تولیدی ایران صرف توزیع فیزیکی آن‌ها می‌شود (۴). استفاده از روش‌های بهینه‌سازی ترکیبی در این زمینه می‌تواند تغییرات چشمگیری را ایجاد نماید. به طوری‌که بر اساس پژوهش صورت گرفته استفاده از روش‌های کامپیوتری می‌تواند باعث کاهش ۵ تا ۲۰ درصدی در هزینه‌های حمل نقل گردد (۵). همچنین این امر می‌تواند باعث کاهش آلودگی هوا که بخش عمده آن، از وسائل نقلیه حاصل می‌گردد، شود (۶). آلودگی هوا یکی از چالش‌های

۱ و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: farshidriahi@ut.ac.ir)
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر، دانشکده ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشگاه امیر کبیر

DOI: 10.22067/jead2.v32i1.66248

اصلی محیط زیست ایران و به ویـژه شـهرهای بزرگـی ماننـد تهـران است (۷).

یکی از مهمترین مسائل در حوزه حمـل و نقـل کـه بسـیار مـورد توجه قرار گرفته است مسأله مسیریابی وسـیله نقلیـه[1] (VRP) اسـت. VRP به مجموعه‌ای از مسائل اطلاق می‌گـردد کـه در آن، تعـدادی خودروی متمرکز در یـک یـا چنـد قرارگـاه، بایـد بـه مجموعـه‌ای از مشتریان که هر یک دارای تقاضای معینی هسـتند، مراجعـه نمـوده و خـدمتی را ارائـه دهنـد. بـرای مسـئله VRP الگوهـای متنـوعی بـا محدودیت‌های متفاوتی ارائه گردیده است، اما مسیریابی وسیله نقلیه با ظرفیت محدود[2] (CVRP) نمونه اصلی مسأله مسیریابی وسایل نقلیـه است که در آن همه مشتریان دارای محدوده تاریخ تحویـل مشـابه و تقاضای معین هستند (۸). در مسـأله یـاد شـده هـدف حـداقل‌سـازی ترکیب خطی تعداد مسیرها، طول مسیرها و یا زمان سفر است تا بدین صورت بتوان خدمات مناسب‌تر و با هزینه کمتر به مشتریان ارائـه داد (۵).

مسئله کلاسیک مسیریابی وسیله نقلیه (VRP) برای نخستین بار توسط دانتزیگ و رامسر[3]در سال ۱۹۵۹ فرمولـه شـد (۹). هـدف ایـن مساله مسیریابی بهینه ناوگان حمل ونقـل همگـن بـرای خـدمت بـه مجموعه‌ای از مشتریان بود. به طوری‌که هر خودرو از یک انبار شروع و دوباره به انبار باز می‌گردد. در مسائل VRP یک پیشینه قوی وجـود دارد که از آن جمله می‌تـوان بـه مطالعـات کـارادو و همکـاران (۱۰)، لاپورته (۱۱) و تات و ویگو (۱۲) اشاره کرد. مسئله VRP دارای انـواع متنوعی است که از آن جملـه مـی‌تـوان بـه HVRP[4]، FSMVRP[5]، HFVRP[6]، VRPTW[7] و غیره اشاره کرد. در همین راستا می‌توان به مطالعات لـی و همکـاران (۱۳)، کـارابوک (۱۴)، برایسـی و همکـاران (۱۵)، هاف و همکاران (۱۶) و کوک و همکاران (۱۷) نیز اشاره نمود. هر یک از نوع مدل‌ها، برای شرایط متناسب با محدودیت‌ها و ویژگـی های مورد نظر بکار گرفته می‌شود. بـر اسـاس مطالعـات اشـاره شـده می‌توان دریافت که هر الگو متناسب با پیش‌فرض‌ها و شرایط مسـأله از جمله محدودیت یا عدم محـدودیت تعـداد وسـایل نقلیـه، ظرفیـت وسایل نقلیه، همگنی و غیرهمگنی وسایل، محدودیت تقاضـا و غیـره طراحی شده‌اند. در این راستا الگوهای دارای یک ناوگان حمل و نقـل با تعداد نامحـدودی از وسـائل نقلیـه نـاهمگن (FSMVRP) کـاربرد گسترده‌تری داشته و بر اساس مطالعات مورد اشاره، با شـرایط موجـود تناسب بالاتری دارند. در راسـتای بررسـی مسـائل VRP، بـر اسـاس الگوریتم‌های فراابتکاری، الگوریتم جهان‌های موازی اولین بار در سال ۲۰۱۴ ارائه گردید (۱۸). این الگـوریتم بـر مبنـای نظریـه‌ای در علـم فیزیک به نـام جهـان‌هـای مـوازی بنـا شـده اسـت (۱۹). الگـوریتم جهان‌های موازی را می‌توان در دسته الگـوریتم‌هـای الهـام گرفتـه از طبیعت، مبتنی بر جمعیت و روش استفاده از حافظه، طبقه‌بندی نمـود (۲۰).

از بارزترین انواع مسئله VRP، مسئله حمل کالاها بـا محـدودیت در زمان تحویل کالاها می‌باشد. این مسئله در حمـل کالاهـای فاسـد شدنی بسیار پر کاربرد اسـت. مهمتـرین موضـوع در حمـل کالاهـای فاسدشدنی نظیر محصولات پروتئینی حفظ کیفیت آن در طول مسـیر بوده که علاوه برجنبه‌های اقتصادی به لحاظ حفظ ایمنی غذایی نیـز، حایز اهمیت است (۲۱). بررسی این موضوع در شهری مانند تهران بـا جمعیت نزدیک به ۸/۳ میلیون نفر به عنوان پرجمعیت‌ترین شهر ایران و بیست و پنجمین شهر پرجمعیت جهان، دارای اهمیت دوچندان مـی باشد (۲۲).

گوشت مرغ از جمله کالاهای فاسدشدنی است که بخـش مهمـی از تأمین پروتئین شهروندان شهر تهران را شامل مـی‌گـردد. در شـهر تهران حدود ۱۰ درصد از توزیع فیزیکی گوشت مرغ توسط بازارهـای روز (سازمان میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران) صورت مـی‌پـذیرد (سازمان میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران، ۱۳۹۲). این توزیـع از طریق ۱۴۰ بازار روز (که به وسیله دو انبار تقاضای مورد نظـر خـود را تأمین می‌کنند)، صورت می‌گیرد. اما مسأله‌ای که وجود دارد این است که این توزیع بصورت سنتی انجام می‌شود، در واقـع هـر بـازار روز در اکثر مواقع، بـدون اطـلاع از مقـدار تقاضـای سـایر بازارهـا، بصـورت جداگانه تقاضای خود را تأمین می‌کند. در واقع می‌توان گفت که هیچ گونه الگوی مشخصی برای توزیع روزانه گوشـت مـرغ از میـادین تـا بازارهای عرضه روزانه وجود ندارد و این مسأله منجر به مشـکلاتی از قبیل افزایش هزینه حمل ونقل، آلودگی زیست‌محیطی و غیره خواهـد شد. بر این اساس در مطالعه حاضر با بررسی ساختار موجـود حمـل و نقل، اقدام به ارائه یک الگوی بهینه برای توزیع روزانه گوشت مرغ در بازارهای روز شهر تهران خواهد شد.

مسأله‌ای که در اکثر مطالعات پیشین قابـل مشـاهده اسـت عـدم استفاده از الگوهای مورد نظر در شرایط واقعی است. لذا در این مطالعه ابتدا الگوی مسیریابی بهینه شبکه توزیـع گوشـت مـرغ طراحـی و در نهایت الگوی طراحی شده بر اساس دو روش حل، با یکدیگر مقایسـه می‌شود. در واقع در این پژوهش، هدف مـا ارائـه یـک الگـوریتم فـرا ابتکاری جهت حل مسأله مـورد نظـر و مقایسـه بـا نتـایج حاصـل از الگوریتم قطعی می‌باشد. بطوری‌که در صورت مناسب بودن الگـوریتم پیشنهادی، در جهت بهبود الگـوی مسـیریابی گوشـت مـرغ در شـهر تهران و برای سازمان میادین میوه و تره‌بار، بکار گرفته شود.

1- Vehicle Routing Problem
2- Capacitated
3- Dantzig and Ramser
4- Heterogeneous Vehicle Routing Problem
5- Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem
6- Heterogeneous Fleet VRP
7- VRP with Time Windows

مواد و روش‌ها

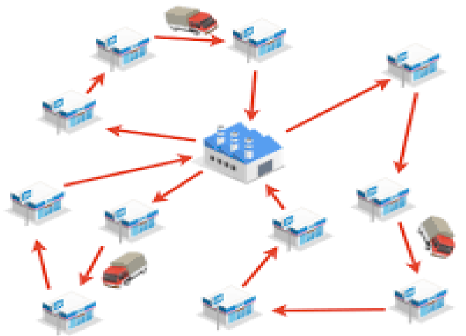
فرموله کردن مسئله

بر اساس اطلاعات دریافتی از کارشناسان مربوطه، در شبکه توزیع گوشت مرغ شهر تهران با در نظر گرفتن دو انبار توزیع گوشت مرغ و همچنین بازارهای تقاضاکننده گوشت مرغ سازمان میادین در ادامه به الگوسازی مسأله مورد نظر پرداخته می‌شود. برای این منظور مفاهیم و پیش فرض‌های زیر را در مدل در نظر گرفته می‌شود:

- میادین مرکزی توزیع همواره توانایی تأمین مرغ مورد نیاز بازارهای مختلف را داشته و هیچ کمبودی مجاز نمی‌باشد.
- مقدار تقاضای هر بازار ثابت و معین است.
- ظرفیت و هزینه وسایل نقلیه مختلف، متفاوت است. زیرا یک ناوگان حمل و نقل معمولاً دارای وسایل حمل و نقل متفاوتی است و استفاده از هر یک از آنها برای حجم مشخصی از بار توجیه پذیر است (بر اساس داده های مورد نظر دو نوع وسیله نقلیه موجود است اولی با ظرفیت ۲ تن و هزینه ثابت ۱۰۰۰۰ تومان و هزینه کیلومتر–تن ۲۸۰۰ تومان و دومی با ظرفیت ۳/۵ تن هزینه ثابت ۱۷۵۰۰ تومان و هزینه کیلومتر–تن ۴۹۰۰ تومان).
- در این مطالعه بر اساس نظر کارشناسان سازمان میادین برای عامل محدودیت زمانی (جهت حفظ کیفیت گوشت مرغ) هر بار توقف وسیله نقلیه در هر بازار به عنوان یک واحد زمانی در نظر گرفته شد. به طوری‌که هر وسیله نقلیه حداکثر به تعداد N بازار می‌تواند خدمت‌رسانی کند. چرا که پوشش تعداد زیاد بازار، موجب فساد میکروبی گوشت مرغ می‌گردد (بر اساس نظر کارشناسان مربوطه N برابر ۴ در نظر گرفته شده است).
- طول افق برنامه ریزی محدود و تنها برای یک دوره زمانی است.
- وسایل نقلیه قابل کرایه کردن نامحدود می‌باشد و خرابی وسایل نقلیه و یا هر گونه اتفاق پیش‌بینی نشده مجاز نیست.

طراحی و تجزیه و تحلیل مدل با توجه به الزامات و پیش فرض‌های مدل و نیز ماهیت متغیرهای تصمیم، تدوین شد. مدل ریاضی مسأله از یک تابع هدف و ۹ محدودیت مستقل تشکیل شده است.

پیش از آنکه تابع هدف و محدودیت‌ها آورده شود الگوی حمل و نقل بصورت شماتیک در شکل (۱)، آورده شده است. بدین صورت که گوشت مرغ پس از آنکه وارد انبار مرکزی (محل تخلیه و بارگیری مجدد میدان بهمن یا پیروزی) شود؛ بر اساس محدودیت ظرفیت وسایل نقلیه و همچنین مقدار تقاضای هر بازار روز، بارگیری می‌شود و سپس عمل توزیع صورت می‌پذیرد. در نهایت وسیله نقلیه، دوباره به محل دپو مرکزی باز خواهد گشت.



شکل ۱- مدل شماتیک الگوی حمل‌ونقل گوشت مرغ

Figure 1- Schematic model the transport of poultry meat

در مطالعه حاضر ما از الگوی مسیریابی با استفاده از یک ناوگان حمل و نقل با تعداد نامحدودی از وسائل نقلیه ناهمگن (FSMVRP) استفاده نموده‌ایم. در الگوی‌های FSMVRP هدف، ارائه یک حد پایین از هزینه حمل و نقل است (۲۳). علاوه بر این، مدل مسئله برای شرایط چند انباره الگوسازی شده است. در این راستا تابع هدف و محدودیت‌ها به شرح زیر است:

$$\min Z = \sum_{v=1}^{f} f_v \sum_{j=1}^{n} X_{njv} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{v=1}^{f} C_{ijv} X_{ijv}$$

$$1)\ X_{ijv} = 0 \quad \forall i \in R, \forall v \in VS$$

$$2)\ \sum_{j=1}^{r} X_{njv} = 1 \quad \forall v \in VS$$

$$3)\ \sum_{i=1}^{r} X_{inv} = 1 \quad \forall v \in VS$$

$$4)\ \sum_{v=1}^{f}\sum_{i=1}^{r} X_{ijv} = 1 \quad \forall j \in R \quad i \neq j$$

$$5)\ \sum_{v=1}^{f}\sum_{j=1}^{r} X_{ijv} = 1 \quad \forall i \in R \quad i \neq j$$

$$6)\ \sum_{i=1}^{r} X_{ijv} - \sum_{j=1}^{r} X_{ijv} = 0 \quad \forall j \in R, \forall v \in VS$$

$$7)\ \sum_{i=1}^{r} d_i \left(\sum_{j=1}^{n} X_{ijv} \right) \leq Cap_v \quad \forall v \in VS$$

$$8)\ \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} t_{ij} X_{ijv} \leq T \quad \forall v \in VS$$

$$9)\ X_{ijv} \in \{0,1\}$$

تابع هدف در صدد به حداقل رساندن هزینه حمل و نقل است. محدودیت (۱) بیانگر این است که هیچ یک از وسایل نقلیه اجازه

ندارد بلافاصله به گره ای که حرکت را از آن آغاز نموده است، برگردد . محدودیت های (۲) و (۳) تضمین می کند که نقطه شروع و پایان سفر هر یک از وسایل نقلیه باید انبارهای مرکزی باشد. مجموعه محدودیت‌های (۴) و (۵) بیانگر این است که در هر دوره برنامه‌ریزی، هر یک از بازارهای محلی را فقط یک وسیله نقلیه، آن هم فقط یک بار، می‌تواند سرویس‌دهی نماید. محدودیت (۶) تضمین می‌نماید که اگر وسیله نقلیه‌ای به یک بازار وارد شده و ارایه خدمت کند، تنها باید همین وسیله نقلیه این بازار را ترک کند.محدودیت (۷) مربوط به حداکثر ظرفیت وسیله نقلیه می‌باشد.محدودیت (۸) بیانگر این است که هر وسیله نقلیه حداکثر می‌تواند به T بازار خدمت‌رسانی کند. محدودیت (۹) نیز الزام صفر و یک بودن مقدار هر متغیر X_{ijv} را تضمین می‌کند.

تعریف علائم و نمادهای مورد استفاده در مدل

شبکه گراف مسأله به شکل G=(A,N) تعریف شده است که N مجموعه تمامی گره‌های مسأله (بازارهای روز(R) به علاوه انبارهای مرکزی(MD)) است و به صورت N=R+MD N={1,2,…,n) تعریف شده است و A مجموعه تمامی سویه‌های ارتباطدهنده بین هر دو گره عضو N است. مجموعه ناوگان حمل و نقل شامل f نوع خودرو است، به شکل VS={1,2,…,f} تعریف شده است . Cap_vظرفیت قابل حمل توسط خودروی Vام و C_{ijv} هزینه حمل محصول از نقطه i به نقطه j با استفاده از خودرو vام است. t_{ij} زمان سفر از گره i به گره j است وT تعداد یال (مسیر) که یک وسیله نقلیه مجاز است در آن حرکت کند.d_i مقدار تقاضای بازارها و f_v هزینه ثابت حمل ونقل هر وسیله نقلیه.

متغیر تصمیم این مدل از نوع عدد صحیح است که بیان ریاضی آن به شکل زیر می باشد. به طوری که اگر خودرو v عهده دار خدمت رسانی به گره i و سپس گره j باشد، عدد یک و در غیراین‌صورت صفر می‌شود.

$$x_{ijv} \begin{cases} 1 & \text{If the vehicle } V \text{ is responsible for providing services to the node } I \text{ and then node } j \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases}$$

الگوریتم جهان‌های موازی[۱]

اساس عملکرد الگوریتم جهان‌های موازی بر پایه ۲ اصل است. اصل اول حذف جواب‌های نامناسب و گسترش جواب‌های مناسب‌تر برای رسیدن به جواب‌های بهینه و اصل دوم استفاده از یک روش حریصانه[۲] برای گسترش مناسب‌تر جواب‌ها است (۲۰). هرچند استفاده از روش حریصانه در این الگوریتم نسبت به روش‌های تصادفی که معمولا در دیگر الگوریتم‌های فرا اکتشافی استفاده می‌شود باعث کاهش سرعت الگوریتم می‌گردد ولی در مقابل کارایی این الگوریتم در عمل ثابت می‌کند که این افزایش زمان نسبت به بهبودی که ایجاد می گردد قابل چشم پوشی است. در ادامه بخش‌های مختلف این الگوریتم شرح داده می‌شود.

جهان‌های موازی

همانگونه که پیشتر گفته شد الگوریتم جهان های موازی یک الگوریتم تکاملی است. الگوریتم های تکاملی دارای یک جمعیت هستند که حاوی مجموعه‌ای از جواب‌های مسئله است و این الگوریتم ها با انجام یکسری عملیات‌های تکراری بر روی این جمعیت باعث تغییر و بهبود جمعیت خود می‌گردند (۲۴).

الگوریتم جهان‌های موازی دارای مجموعه ای از فضاهای حافظه به نام جهان‌ها می‌باشد که هر کدام از این جهان‌ها از دیگران مستقل است و قادر به ذخیره یکی از اعضای جمعیت الگوریتم می‌باشند. تعداد جمعیت (PU) در طول اجرای آن متغیر است و حداکثر تعداد اعضای جمعیت برابر با تعداد جهان‌ها می‌باشد. الگوریتم در ابتدای اجرای خود یک جمعیت اولیه را ایجاد می‌کند و در هر مرحله سعی در گسترش و بهبود جواب‌های موجود در این جمعیت و انتخاب بهترین جواب‌ها برای ایجاد جمعیت جدید دارد.

ایجاد جهان اولیه

اغلب الگوریتم‌های تکاملی استاندارد جمعیت اولیه خود را با استفاده از یک روش کاملا تصادفی ایجاد می‌کنند تا به این وسیله احتمال گسترش جمعیت خود را در تمامی فضای مسئله افزایش دهند (۱۹). این امر باعث افزایش مکان‌های مورد بررسی الگوریتم می‌گردد و در نتیجه احتمال یافتن جواب مناسب را در این الگوریتم‌ها افزایش می‌دهد. ولی الگوریتم جهان‌های موازی از یک روش حریصانه برای ایجاد جمعیت اولیه استفاده می‌کند. بدین صورت که ابتدا یک مسئله بهینه‌سازی را به یک مسئله چندبخشی تبدیل می‌کند برای مثال ترتیب قرار گیری کارها در مسئله HFS[۳]. حال اگر هیچ یک از بخش ها مقداری نداشته باشد مقدار اولین بخش را کاملا تصادفی انتخاب می‌کند و در غیر این صورت الگوریتم تمامی مقادیری که این بخش می‌تواند اختیار کند را بررسی می‌کند که اضافه نمودن هر کدام از این مقادیر به جواب فعلی چقدر باعث تغییر در جواب تا به این جای کار می‌گردد. الگوریتم مقداری را که کمترین میزان افزایش (در صورتی که هدف مسئله یافتن کمترین باشد) را داشته است انتخاب کرده و جواب جدید را می‌سازد. این امر تا انتخاب مقدار برای تمامی بخش های مسئله تکرار می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در الگوریتم PU ساخت تصادفی جواب‌های اولیه موجب کاهش بازدهی الگوریتم

1- parallel universes
2- Greedy Algorithm

3- Heterogeneous Fleet Size

می‌گردد.

سیاه چاله

در الگوریتم‌های تکاملی پس از ایجاد جمعیت اولیه الگوریتم، این جمعیت باید در فضای مسئله حرکت کرده و پس از یافتن بهینه‌های محلی اطراف آنها تجمع کنند و سعی در یافتن جواب‌های بهتر داشته باشند (۶). این امر در الگوریتم PU توسط تابع سیاه چاله صورت می پذیرد. این تابع یک جهان را که شامل یک جواب معتبراست، به عنوان ورودی دریافت می‌کند و سپس مجدداً مسئله به صورت یک مسئله چند بخشی در نظر گرفته می‌شود و سپس به صورت تصادفی مقداری که به بعضی از بخش‌ها داده شده است حذف می‌گردد و یک جواب ناقص برای مسئله ایجاد می‌گردد. حال بخش‌هایی که مقدار اختصاص داده شده به آنها حذف گردیده است مجددا به وسیله همان الگوریتمی که برای ایجاد جواب‌های اولیه مورد استفاده قرار گرفت مقدار دهی می‌شوند و این امر باعث تغییر در جواب اولیه و ایجاد جواب جدیدی می‌گردد. هر چه بخش حذف شده از جواب اولیه بزرگتر باشد جواب ورودی این تابع از جواب خروجی آن متفاوت‌تر خواهد شد. اندازه بخش حذف شده وابسته به دو عامل است اولی یک عدد تصادفی است و دومی میزان فاصله میان مقدار اولیه و مقدار فعلی پارامتر توان سیاه چاله. پارامتر توان سیاه چاله تعداد تکرارهای (iterations) مسئله را تعیین می‌کند.

تابع انتخاب

جواب جدید حاصل از تابع سیاه چاله به همراه جواب ورودی این تابع در اختیار تابع انتخاب قرار می‌گیرد. این تابع در مورد سرنوشت این دو جواب تصمیم‌گیری می‌کند به این شکل که جواب با هزینه بهتر را درون جهان ورودی سیاه چاله ذخیره می‌کند و جواب دیگر را به احتمالی که حاصل تابع پایین است حفظ می‌کند.

$$Accept\ \ percent\begin{cases} 100\% & \Delta f\ \le 0 \\ 0\% & \dfrac{C(Bf)}{C(f)} \prec 0.9 \\ other & ((C(Bf)/C(f))-0.9)*10 \end{cases}$$

C: تابع محاسبه هزینه راه حل است.

Δf: تفاوت بین راه حل در حال حاضر و بهترین راه حل مشاهده شده را نشان می‌دهد.

Bf: نیز بهترین راه حل مشاهده شده است.

در صورتی که الگوریتم پیشنهادی تصمیم گرفت که جواب حاصل شده با هزینه بالاتر در نتایج حفظ شود، آنگاه در صورتی که یکی از جهان‌ها خالی بود، جواب موجود درون آن ذخیره می‌شود و در غیر این صورت جواب بهینه جدید به جای بدترین جواب موجود در جمعیت الگوریتم قرار می‌گیرد.

حذف راه‌حل‌های مشابه

در الگوریتم جهان‌های موازی این احتمال وجود دارد که مجموعه ای از جواب‌های مشابه تمام جمعیت الگوریتم را پر کنند و در نتیجه الگوریتم درون یک بهینه محلی به دام بیفتد. الگوریتم جهان‌های موازی برای فرار از این بهینه‌های محلی همواره جواب‌های مشابه را حذف می‌کند و تنها یکی از آنها را باقی می‌گذارد. این امر باعث افزایش سرعت الگوریتم و همچنین بهبود نتایج الگوریتم می‌گردد.

شبه کد الگوریتم

برای درک بهتر نحوه عملکرد الگوریتم ارائه شده در این بخش شبه کد الگوریتم ارائه گردیده است:

```
Generate initial population
Set algorithm parameters
While Blackhole power>0 do
For i=0 to universe count do
If i'th universe is not empty
For j=0 to universe count /7 do
Call blackhole for i'th universe
Call selection function for results of blackhole function
End for
End if
Remove similar universe
End for
Blackhole power update
End while
Return process results
```

Algorithm 1: The pseudo-code of the parallel universes algorithm.

لازم به ذکر است که در الگوریتم‌های قطعی که توسط الگوی ارائه شده در ابتدای این بخش بکار گرفته می‌شود، تمامی راه‌حل‌های موجود مورد ارزیابی قرار گرفته و نهایتا مسیری که دارای کمترین هزینه باشد، انتخاب می‌گردد. در چنین شرایطی، به علت بررسی تمامی راه‌حل‌ها جواب بدست آمده از نظر زمانی ممکن است مدت زیادی به طول انجامد ولی بهترین جواب ممکن ایجاد خواهد شد.

برای بررسی مدل مورد نظر داده‌ها و اطلاعات تقاضای روزانه گوشت مرغ بازارها و همچنین هزینه‌های حمل و نقل وسایل نقلیه از طریق سازمان میادین میوه و تره‌بار شهرداری تهران برای سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری گردید. در همین راستا با توجه به میزان تقاضای روزانه بازارها طی سال ۱۳۹۲، متوسط میزان تقاضای روزانه گوشت مرغ برای هر بازار محاسبه گردید.

جدول ۱- نتایج حاصل از حداقل هزینه برای توزیع گوشت مرغ با استفاده از دو الگوریتم قطعی و جهان‌های موازی
Table 1- The results of minimum cost for distributing chicken meat using two definite algorithms and parallel universes.

زمان (ثانیه) Time (s)	نتایج الگوریتم قطعی (هزار ریال) Results of Definite Algorithm (Thousand Rials)	نتایج الگوریتم جهان‌های موازی (هزار ریال) Results of Parallel Universe Algorithm (Thousand Rials)
1000	96418.7	43114.9
3600	81010.3	42583.5
7200	62580.7	42573.1
14400	51258.5	42507.7
28800	40231.6	42351.1
36000	40231.6	42351.1

مأخذ: یافته‌های تحقیق
Source: Research findings

در ادامه برای برآورد مدل طراحی شده بر اساس الگوریتم‌های قطعی از نرم افزار GAMS و بر اساس روش برنامه‌ریزی عدد صحیح مخلوط خطی (MILP[1]) استفاده شد. در شرایطی که در مدل بهینه‌سازی به طور همزمان متغیرهای پیوسته و گسسته وجود داشته باشد، مدل برنامه‌ریزی را، برنامه‌ریزی عددصحیح مخلوط (MIP) می‌نامند که فرم خطی مدل برنامه‌ریزی عددصحیح مخلوط (MILP) به وفور در الگوهای حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۵). جهت یافتن جواب بهینه الگوریتم فرا اکتشافی جهان‌های موازی از نرم‌افزار VisualBasic استفاده شد. همچنین ماتریس فاصله بازارها با بدست آوردن مختصات جغرافیایی بازارها و استفاده از نرم‌افزار ArcGIS محاسبه گردید.

با توجه به توضیحات ارائه شده در رابطه با الگوریتم جهان‌های موازی و همچنین مدل مورد استفاده برای یافتن جواب بهینه از طریق الگوریتم‌های قطعی، باید نتایج حاصل از الگوریتم جهان‌های موازی با نتایج حاصل از الگوریتم قطعی مورد مقایسه قرار گیرد. برای بررسی دقیق تر نتایج هر دو الگوریتم در زمان‌های اجرای متفاوت و تقریبا برابر با هم مقایسه شده است و برای حذف تاثیر متغیرهای تصادفی در الگوریتم PU این الگوریتم ۵ بار برای هر کدام از زمان‌ها اجرا گردید و میانگین این اجراها درون جدول قرار گرفته است.

نتایج و بحث

مقایسه جواب‌های حاصل از الگوریتم فرا اکتشافی جهان‌های موازی استفاده شده و جواب به‌دست آمده از الگوریتم قطعی در جدول (۱) نشان‌دهنده آن است که جواب‌های نهایی ارائه شده توسط الگوریتم‌های قطعی نسبت به الگوریتم فرا اکتشافی جهان‌های موازی ارائه شده دارای برتری است و این برتری به بهای استفاده از زمان بیشتر حاصل گردیده است. اگرچه، با افزایش زمان اجرای الگوریتم فرا اکتشافی باعث نزدیک تر شدن جواب‌های الگوریتم فرا اکتشافی به جواب‌های حاصل از الگوریتم‌های قطعی می‌گردد.

همانطور که در جدول ۱ قابل مشاهده است بهترین جواب ممکن بر اساس الگوریتم‌های قطعی برابر با ۴۰۲۳۱/۶ میلیون ریال بود که پس از حدود ۳۶ هزار ثانیه این جواب حاصل گردید و در طی زمان‌های مختلف، این جواب به طور چشمگیری بهبود یافته است. در واقع از زمان ابتدای حل تا رسیدن به جواب بهینه، هزینه‌های شبکه توزیع ۵۸/۳ درصد کاهش داشته است که اختلاف بسیار زیادی است. در صورتی که از طریق الگوریتم جهان‌های موازی اگرچه جواب بهینه، با جواب بهینه روش‌های قطعی اختلاف کمی دارد ولی در همان ابتدای حل مسأله تقریبا جواب بهینه حاصل گردیده است و زمان حل طولانی‌تر تغییر چندانی در کاهش هزینه نداشته است. به طوری که اختلاف کاهش هزینه در زمان حل ۱۰۰۰ ثانیه و ۳۶۰۰۰ ثانیه حدود ۷۵۰ هزار ریال است و تنها ۱/۸ درصد هزینه‌ها بیشتر کاهش یافته است. در این راستا نتایج نهایی حاصل از بهینه‌سازی هزینه حمل‌ونقل بر اساس الگوریتم جهان‌های موازی ۵/۲۶ درصد نسبت به الگوریتم حل قطعی بیشتر است و لذا می‌توان به نتایج حاصل از این الگوریتم در تعیین مسیریابی بهینه اعتماد نمود.

در جدول ۲ و جدول ۳، الگوی بهینه مسیریابی وسایل نقلیه بر اساس متوسط تقاضای بازارها برای دو میدان مرکزی بهمن و پیروزی، جهت کاربرد وسایل نقلیه در شرایط واقعی ارائه گردیده است. لازم به ذکر است که این نتایج بر اساس الگوریتم قطعی آورده شده است. در همین راستا علت ارائه نتایج مورد نظر، ایجاد یک دید کلی بر شبکه حمل‌ونقل گوشت مرغ و نحوه توزیع بهینه روزانه آن است. بطوری‌که اگر سازمان میادین به دلایل مختلف نتواند مسیریابی بهینه روزانه را اجرایی نماید، آنگاه یک الگوی بهینه از نحوه توزیع بهینه گوشت، برای هر میدان و بازارهای تقاضا کننده گوشت مرغ، در دست داشته باشد.

1- Mix Integer Linier Programming

جدول ۲- مسیریابی بهینه پیشنهادی روزانه از میدان بهمن

Table 2- Optimal daily routing from Bahman Square

هزینه مسیر (ده هزار ریال) The cost of each tour (ten thousand rials)	مجموع مسافت طی شده در هر تور (کیلومتر) Total distance traveled per tour (km)	تقاضای هر تور (تن) Demand for each tour (tons)	مسیر چهارم Fourth route	مسیر سوم Third route	مسیر دوم Second route	مسیر اول First route	ردیف Row
94.0	15.6	2.51	قلمستان Ghalamestan	نواب Navab	شهدای هفت چنار Hafe Chenar	میدان آزادی Azadi Square	1
179.8	33.1	2.35	سردار جنگل Sardar Jangal	گلها Golha	دادمان Dadman	کارون Karon	2
116.2	20.2	3.33			میدان صادقیه Sadeghiyeh Square	محبوب مجاز Mahbob Mojaz	3
63.7	19.2	1.15		جمالزاده Jamalzadeh	منیریه Moniryeh	بهارستان Baharestan	4
70.7	21.7	1.67	غدیر Ghadir	میدان معلم Moalem Square	لاله Laleh	اطلس Atlas	5
149.1	49.7	0.41	کوثر Kousar	نارنج "شهرک دانشگاه" Narenj	خلیج فارس Khalij Fars	احمد اباد مستوفی Ahmad Abad	6
162.0	54.3	0.55	چیتگر Chitgar	ویلاشهر Vilashahr	وردآورد Vardavard	شریف Sharif	7
190.6	35.3	2.62	طوس Tous	آذر شهر Azarshahr	میدان تهرانسر Tehransar Square	شهرک آزادی Shahrak Azadi	8
114.6	19.8	3.42			کردستان Kordestan	جلال آل احمد Jalal Al Ahmad	9
174.2	32.0	3.11	استاد نظر Ostad Nazar	بوستان Boustan	یادگار امام Yadegar Emam	شهرک قدس Shahrak Ghods	10
113.7	37.0	1.77	کن Kan	المپیک Olympik	شهید باکری Bakeri	براتلو Baratlou	11
216.8	40.7	2.25	بهار شمالی Bahar Shomali	زیبا دشت Zibadasht	نسیم Nasim	علامه Allameh	12
139.8	46.4	0.88	شهدای محله جی Shohaday Jey	سرو Sarv	قائم Ghaem	امیرکبیر Amir Kabir	13
143.2	47.6	0.62	بنفشه Banafsheh	یاس Yas	امیدژبان Omid Dezhban	شهید باقری Bagheri	14
125.7	41.3	1.30	میدان شهران Shahran Square	مهرگان Mehregan	شهدای آتش نشانی Atash Neshani	شهید طوقانی Toughani	15
138.0	24.6	2.46	طرشت Tarasht	تهران ویلا Tehranvila	نصر Nasr	خرمرودی Khoramroudi	16
166.2	30.4	2.55	جنت آباد Janat Abad	پیامبر Peyambar	بلوار فردوس Ferdous Blvd.	شهرک بیمه Bimeh	17
120.8	21.1	3.06	خزانه Khazaneh	رضویه Razavyeh	شهید نبی پور Nabipoor	میدان غیبی Gheybi Square	18
69.5	21.3	1.02	شمشیری Shamshiri	فردوس ۲ Ferdous2	تختی/ محله ای Takhti	شهید باستانی پور Bastanipoor	19
51.9	14.9	1.95	جوادیه Javadieh	میدان بعثت Besat Square	کیانشهر Kianshahr	دولت اباد Dolat Abad	20
73.6	22.7	1.13	شهیدان حسنی Hasani	اکباتان Ekbatan	گلسار Golsar	بهاران Baharan	21
52.1	15.0	0.45	میثاق Misagh	شهرک ولیعصر Vali Asr	شهید رجایی Rajaei	شقایق Shaghayegh	22
2726.01	663.7	56.40	–	–	–	–	جمع

مأخذ: یافته‌های تحقیق.

Source: Research findings

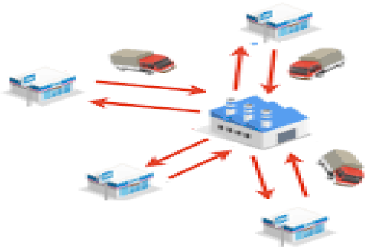
جدول ۳- مسیریابی بهینه پیشنهادی روزانه از میدان پیروزی

Table 3- Optimal daily routing from Victory Square

هزینه هر تور (ده هزار ریال) **The cost of each tour (ten thousand rials)**	مجموع مسافت طی شده در هر تور (کیلومتر) **Total distance traveled per tour (km)**	تقاضای هر تور (تن) **Demand for each tour (tons)**	مسیر چهارم **Fourth route**	مسیر سوم **Third route**	مسیر دوم **Second route**	مسیر اول **First route**	ردیف **Row**
115.5	20	2.13	حکیمیه ۲ Hakimieh 2	حکیمیه ۱ Hakimieh 1	گلشن Golshan	اشراق Eshragh	1
55.1	16.1	1.82	شهدای فجر Shohaday Fajr	مشیریه Moshiryeh	مسعودیه Masoudyeh	فجر Fajr	2
49.9	14.3	0.99	حضرت ولیعصر"عج" ValiAsr	شاهد Shahed	خاورشهر Khavarshahr	مبعث Mana'as	3
50.7	14.5	1.28	شهید توکلی Tavakoli	احمدیه Ahmadieh	کیانی Kiani	ابوذر Abouzar	4
47.5	13.4	1.39	کالاد Kalad	مجیدیه Majidyeh	کرمان Kerman	آذر نجات Azar Nejat	5
65.3	19.7	1.87	قنات کوثر ghanat Kousar	بلوار پروین Parvin Blvd.	ترنج Toranj	قره یاضی Ghare Riazi	6
77.4	12.2	3.41		شمیران نو New Shemiran	میدان آزادگان Azadegan Square	مهر Mehr	7
91.1	29	1.28	میرداماد Mirdamad	توانیر Tavanir	هفده شهریور 17Shahrivar	سعدی Sa'adi	8
109.9	35.7	1.49	پیروزان Pirozan	بهرود Behroud	ولنجک Velenjak	درکه Darakeh	9
95.4	30.5	0.86	جماران Jamaran	حکمت Hekmat	امامزاده قاسم Emamzadeh Ghasem	شهدای محله تجریش Tajrish	10
58.6	17.4	1.99		بهاره Bahareh	شهید قندی Ghandi	میدان هروی Heravi Square	11
155.8	28.2	2.14	میدان لواسانی lvasani Square	دارآباد DarAbad	شهرک نفت Shahrak Naft	ازگل Ozgol	12
86.5	27.3	1.12	شهید شیروردی Shiroudi	سهروردی Sohrevardi	شیخ بهایی Sheykh Bahaei	صدف Sadaf	13
98.9	31.8	1.8	قصر Ghasr	شهرک لاله Shahrak Laleh	ایثار Isar	کوهستان Kohestan	14
139.5	24.9	2.45	زرگنده Zargandeh	قیطریه Gheytaryeh	اختیاریه Ekhtiaryeh	لویزان Lavizan	15
1297.15	335	02.26	-	-	-	-	جمع

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings



شکل ۲- مدل شماتیک الگوی حمل‌ونقل گوشت مرغ در شرایط موجود
Figure 2- Schematic model the transport of poultry meat in existing condition

جدول ٤- هزینه‌های حمل‌ونقل در شرایط موجود (با فرض تأمین تقاضای مستقیم برای تمامی بازارها)
Table 4- Transportation costs under existing conditions (assuming direct demand for all markets)

محل عرضه Place of supply	میدان بهمن Bahman square	میدان پیروزی Victory square	جمع Total
تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز برای حمل‌ونقل* Number of vehicles required for transportation	83	58	141
مجموع فاصله میدان عرضه تا هر بازار (کیلومتر) Total distance of the supply field to each market **(km)**	1816	937.8	2753.8
مجموع میزان تقاضا از هر میدان **(تن)** Total demand from each supply field **(tone)**	40.56	26.02	66.06
مجموع هزینه حمل ونقل از هر میدان **(ده هزار ریال)** Total shipping cost from any supply field (ten thousand rials)	6010.21	3235.22	9245.43

مأخذ: یافته‌های تحقیق
Source: Research findings

نتایج الگوی بهینه حمل و نقل، از دو میدان پیروزی و بهمن حاکی از آن است که برای حمل و نقل ۶۶/۰۶ تن گوشت مرغ در مجموع نیاز به ۴۰۲۳۱/۶ هزار ریال صرف هزینه و ۹۹۸/۷ کیلومتر طی مسافت است. همچنین در مجموع نیاز به ۳۷ وسیله نقلیه می باشد. بر اساس مسیریابی بهینه حاصل از پژوهش، در صورتی که سازمان میادین جهت توزیع گوشت مرغ، از الگوهای مسیریابی ارائه شده استفاده نماید، می‌تواند حداقل هزینه‌های حمل ونقل روزانه را داشته باشد.

همانطور که اشاره شد، در شرایط موجود، حمل‌ونقل بصورت سنتی صورت می‌گیرید، در واقع اکثر بازارها بدون اطلاع از سایر بازارها تقاضای خود را تأمین می‌نمایند و بطور کلی هیچ‌گونه اطلاعی نسبت به نحوه توزیع روزانه آنها وجود ندارد. حال اگر فرض کنیم که در شرایط موجود تمامی بازارها تقاضای خود را بصورت جداگانه تأمین نمایند (مطابق شکل ۲)، بر اساس فاصله هر بازار تا میدان تأمین‌کننده تقاضا (بهمن یا پیروزی) و همچنین هزینه ثابت و متغیر حمل‌ونقل توسط هر وسیله نقلیه، آنگاه مجموع هزینه‌های توزیع مطابق جدول (۴)، خواهد بود.

بر اساس نتایج جدول (۴)، مشاهده می‌شود که در شرایط موجود در مجموع تعداد ۱۴۱ وسیله نقلیه مورد استفاده قرار می‌گیرد (با توجه به اینکه هر بازار تقاضای خود را مستقیم تأمین می‌کند لذا به تعداد بازارهای تقاضاکننده وسیله نقلیه نیاز است). این تعداد وسایل نقلیه در مقایسه با شرایط موجود ۳/۸۱ برابر است. همچنین در مجموع ۲۷۵۳/۸ کیلومتر مسافت باید طی شود که این مسافت ۲/۷۶ برابر الگوی مسیریابی بهینه است (از آنجاکه هر وسیله نقلیه پس از تحویل بار دوباره باید به مرکز عرضه باز گردد، این مسافت دو برابر مجموع فاصله میادین عرضه تا بازارها است). در نهایت برای تأمین ۶۶/۰۶ تن تقاضای بازارها ۹۲۴۵۴/۳ هزار ریال هزینه خواهد شد که نسبت به الگوی بهینه ۲/۳ برابر است.

در مقایسه هزینه‌های حمل و نقل در شرایط موجود و هزینه‌های الگوی بهینه حمل‌ونقل بر اساس الگوریتم جهان‌های موازی در مدت زمان حدود ۱۷ دقیقه یا ۱۰۰۰ ثانیه (۴۳۱۱۴/۹ هزار ریال) می‌توان دریافت که در این حالت نیز هزینه‌های حمل‌ونقل موجود ۲/۱۴ برابر هزینه‌های بهینه حاصل از الگوریتم جهان‌های موازی است.

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش در صورتی‌که سازمان میادین میوه و تره‌بار، بازارهای تقاضاکننده گوشت مرغ را ملزم به تأمین تقاضا از طریق سامانه نکند و متفاوت از الگوی ارائه شده عمل نماید نه تنها هزینه‌های حمل و نقل افزایش خواهد یافت، بلکه هزینه‌های

غیر مستقیم همانند آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از وسایل نقلیه، ترافیک و غیره نیز افزایش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

حمل و نقل از دیرباز جایگاه ویژه ای را در اقتصاد ایران داشته است. در این راستا گوشت مرغ از جمله کالاهای فسادپذیر است که بخش مهمی از تأمین پروتئین شهروندان شهر تهران را شامل می گردد و لذا طراحی الگوی مسیریابی آن اهمیت داشته است. در اکثر مطالعات پیشین الگوهای مورد نظر در شرایط واقعی استفاده نشده است. اما در این مطالعه ابتدا الگوی مسیریابی بهینه شبکه توزیع گوشت مرغ طراحی و در نهایت الگوی طراحی شده بر اساس دو روش حل، با یکدیگر مقایسه شد. در واقع هدف این پژوهش، ارائه یک الگوریتم فرا ابتکاری جهت حل مسأله مورد نظر و مقایسه با نتایج حاصل از الگوریتم قطعی بوده است.

نتایج حاصل از دو الگوریتم فرا اکتشافی جهان‌های موازی و الگوریتم قطعی نشان داد که اگرچه در الگوریتم قطعی جواب بهینه‌تر یا کم‌هزینه‌تری حاصل می‌شود ولی زمان آن حل نسبت به الگوریتم فرا اکتشافی جهان‌های موازی طولانی‌تر است. لازم به‌ذکر است که این اختلاف در هزینه‌های حمل‌ونقل ناشی از دو روش حل مختلف تنها حدود ۵/۳ درصد است و اختلاف هزینه‌ها از ابتدای حل تا پایان رسیدن به جواب بهینه در الگوریتم جهان‌های موازی نیز حدود ۱/۸ درصد است. بر این اساس می‌توان از اختلاف هزینه‌های بهینه ناشی از دو الگوریتم (به بهای ایجاد جواب بهینه در حداقل زمان ممکن)، چشم پوشی کرد. چراکه برای کاربرد چنین الگوهایی در جهان واقعی، استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری جزء لاینفک الگوسازی است. در واقع با توجه به تغییرات روزانه تقاضا، الگوی مسیریابی در هر روز متفاوت از روز قبل خواهد بود و نیاز مبرمی به سرعت حل در یافتن جواب بهینه احساس می‌شود.

با مقایسه شرایط موجود و الگوهای بهینه ناشی از دو الگوریتم جهان‌های موازی و قطعی نیز می‌توان دریافت که در الگوهای طراحی شده، هزینه‌ها بر اساس هر دو الگوریتم به میزان زیادی نسبت به شرایط موجود (بیش از دو برابر) کاهش خواهد یافت. لذا با توجه به حداقل سازی مسافت‌های طی شده در الگوی مورد نظر و از طرفی آلودگی ناشی از وسایل نقلیه که یکی از مهمترین معضلات شهر تهران است، استفاده از الگوی مورد نظر می‌تواند در کاهش آلودگی های ناشی از وسایل نقلیه کمک شایانی نماید.

همانطور که پیش‌تر اشاره شد، مطالعات اکبری بیات و همکاران (۱۸) نشان داده است که الگوریتم جهان‌های موازی در مقایسه با سایر الگوریتم‌های فرا اکتشافی تجاری جواب‌های بهینه‌تری ارائه داده است. در این پژوهش نیز مشخص گردید که میزان اختلاف نتایج حاصل از الگوریتم‌های جهان‌های موازی و قطعی، کم و قابل چشم‌پوشی است. بر این اساس در راستای نتایج حاصل از این پژوهش پیشنهاد می‌شود که از الگوی مورد نظر در بهبود سیستم توزیع گوشت مرغ بازارهای سازمان میادین میوه و تره بار شهرداری تهران استفاده شود. همچنین الگوی مورد نظر می‌تواند در توزیع سایر محصولات پروتئینی و لبنی سازمان میادین نیز مورد استفاده قرار گیرد.

بر اساس شواهد، در صورتی که تمامی بازارها در یک سیستم جامع، تقاضای خود را اعلام نمایند، می‌توان به توزیع گوشت مرغ بصورت کارا و کم‌هزینه اقدام نمود، لذا به منظور پیاده‌سازی بهتر الگوی حمل و نقل مورد نظر ایجاد یک سامانه هوشمند، جهت ثبت و پیگیری سفارشات بازارها توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

با سپاس فراوان از شهرداری تهران (مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران) به منظور حمایت مالی و کمک در جمع‌آوری داده‌های این تحقیق و همچنین جناب آقای دکتر دلاور (عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس) به‌جهت کمک در یافتن ماتریس فاصله بازارها.

منابع

1- Iran, I.R., Central Bank of the Islamic Republic of Iran, 2016. Time series database of Central Bank of the Islamic Republic of Iran.

2- Beheshti Nia M.A., Feyz D., and Sadadi F. 2017. The integration of the problem of transporting vehicles with the timing of transportation and production in the supply chain, Journal of Transportation Engineering, 9(33): 153-182.

3- Kabiri K., and Mesgari M.S. 2016. Optimize the receipt and delivery of postal service between the centers by vehicles bearing capacity using meta-heuristic algorithms. Journal of Geomatics Science and Technology, 6(4): 173-184.

4- Dehbari S., Pourrousta A.R., Naderi Beni M., Ghobadian E., and Tavakkoli Moghaddam R. 2013. Multi-Objective VRP with Stochastic Time and Fuzzy Demand under Time Windows Constraints, Journal of Operations Research and Applications (Applied Mathematics), 9(4): 85–106.

5- Toth P., and Vigo D. eds., 2002. The vehicle routing problem. Society for Industrial and Applied Mathematics.

6- Yang C., McCollum D., McCarthy R., and Leighty W. 2009. Meeting an 80% reduction in greenhouse gas emissions

from transportation by 2050: A case study in California. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 14(3): 147-156.

7- Fallah Menshadi E., Rohi A., and Fallah Menshadi A. 2015. Analysis and examination of the measures necessary for the implementation of integrated urban transport in metropolises; Case study: Tehran city, 6(20): 83-98.

8- Hoseinpour H.A., Mosadeghkhah M., and Tavakoli Moghadam R. 2009. Solving a Stochastic Multi-Depot Multi - Objective Vehicle Routing Problem by a Simulated Annealing, Journal of Industrial Engineering 43(1): 25–36.

9- Koç Ç., Bektaş T., Jabali O., and Laporte G. 2016. Thirty years of heterogeneous vehicle routing. European Journal of Operational Research, 249(1):1-21.

10- Cordeau J.F., Laporte G., Savelsbergh M.W., and Vigo D. 2007. Vehicle routing, Handbooks in operations research and management science, 14: 367-428.

11- Laporte G. 2009. Fifty years of vehicle routing, Transportation Science 43(4): 408-416.

12- Toth P., and Vigo D. eds. 2014. Vehicle routing: problems, methods, and applications (Vol. 18). Siam.

13- Li F., Golden B., and Wasil E. 2007. A record-to-record travel algorithm for solving the heterogeneous fleet vehicle routing problem, Computers & Operations Research, 34(9): 2734-2742.

14- Karabuk S. 2007. Modeling and optimizing transportation decisions in a manufacturing supply chain, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 43(4): 321-337.

15- Bräysy O., Dullaert W., Hasle G., Mester D., and Gendreau M. 2008. An effective multirestart deterministic annealing metaheuristic for the fleet size and mix vehicle-routing problem with time windows, Transportation Science, 42(3): 371-386.

16- Hoff A., Andersson H., Christiansen M., Hasle G., and Løkketangen A. 2010. Industrial aspects and literature survey: Fleet composition and routing, Computers & Operations Research, 37(12): 2041-2061.

17- Koç Ç., Bektaş T., Jabali O., and Laporte G. 2015. A hybrid evolutionary algorithm for heterogeneous fleet vehicle routing problems with time windows, Computers & Operations Research, 64: 11-27.

18- Bayat A.A. 2014. July. Parallel universes algorithm: A metaheuristic approach to solve vehicle routing problem, In Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), 2014 International Conference on (pp. 1-7).

19- Chen C.H., and Ting C.J. 2006. An improved ant colony system algorithm for the vehicle routing problem. Journal of the Chinese institute of industrial engineers 23(2): 115-126.

20- Navidadham M., Arbabsadeghi M., Bayat A.A., and Didehvar F. 2015. Solving generalized vehicle routing problem by parallel universes and Tabu search. 6th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), pp. 1-7, IEEE.

21- Bravo J.J., and Vidal C.J. 2013. Freight transportation function in supply chain optimization models: A critical review of recent trends. Expert Systems with Applications, 40(17): 6742-6757.

22- Iran, I.R. of, Statistical Centre of Iran, 2011. Statistical Centre of Iran.

23- Forghani M., and Jafari A. 2013. A New Metaheuristic Algorithm for the Split Delivery Vehicle Fleet Mix Problem with Access Availability, Journal of Commerce Research, 66: 21–48.

24- Blum C., and Roli A. 2003. Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison, ACM Computing Surveys (CSUR), 35(3): 268-308.

25- Bravo J.J., and Vidal C.J. 2013. Freight transportation function in supply chain optimization models: A critical review of recent trends. Expert Systems with Applications, 40(17): 6742-6757.